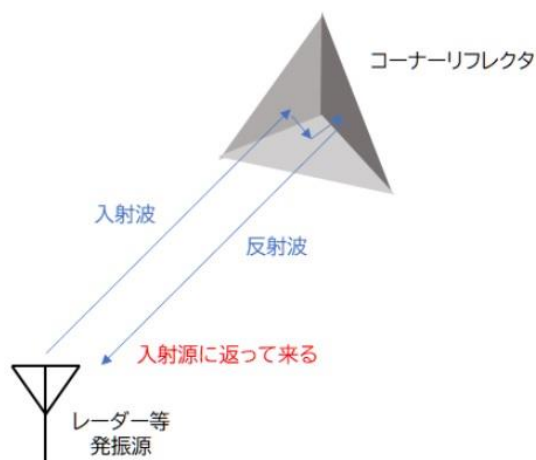


一般的な干渉計

① 干渉法と干渉計の基礎

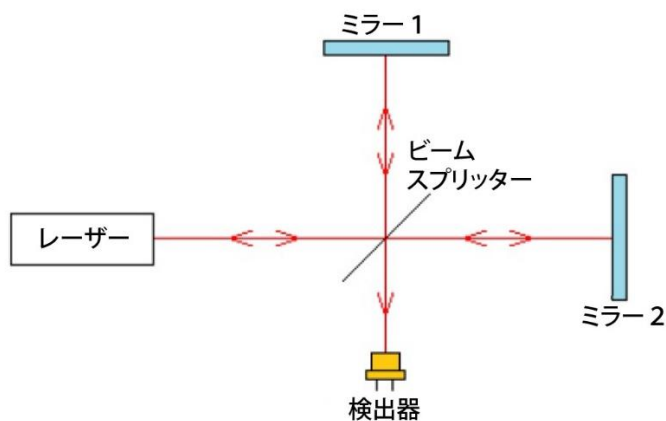
辞書の定義は次のようになります。

「干渉計: 波長の測定、平面のテスト、短い距離の測定などのために光学干渉縞を生成するように設計された機器。」
正確な物理測定を行うための干渉計の例として、レーザーからの単色コヒーレント光のビームを2つの部分に分割し、ビームを少し反射させてから、スクリーン、光学ビューア、またはセンサーアレイで再結合します。ビームは、それらの間の正味の経路長の差に応じて、ポイントごとに互いに建設的または破壊的に干渉します。これにより、明るい縞模様と暗い縞模様のパターンが生成されます。ビームの1つが、位置を非常に正確に監視する必要があるもの（多軸工作機械など）に取り付けられたミラーまたはコーナーリフレクターから反射した場合、その移動に応じてパターンが変化します。縞の通過をカウントすると、数ナノメートルの精度で測定を行うことができます。



コーナーリフレクターの基本概念図

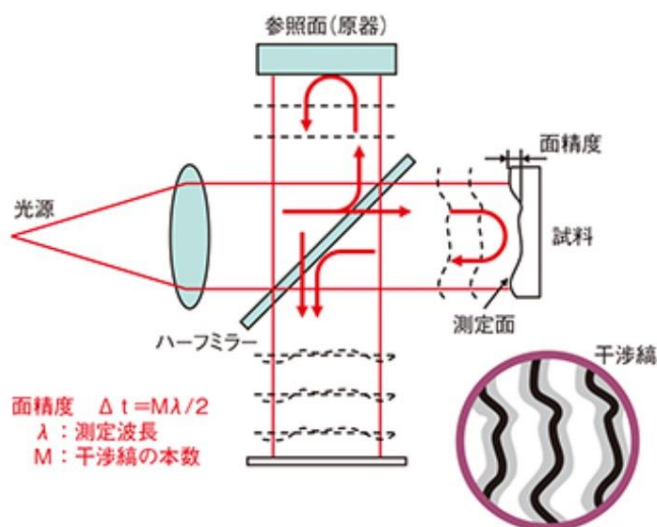
基本的なマイケルソン干渉計は、さまざまなアプリケーションの基礎となるシンプルな実装を示しています。



基本的なマイケルソン干渉計の概念図

1. レーザーはコヒーレントな単色ビームを生成し、このビームは一对のレンズ（図示せず）によって拡大および平行化されます。
2. レーザービームの一部はビームスプリッター（部分反射ミラー）によって上に反射され、ミラー1で反射して下に戻ります。この一部はビームスプリッターを通過して検出器に送られます。
3. レーザービームの残りはビームスプリッターを通過し、ミラー2で反射します。この一部はビームスプリッターによって反射されて検出器に達します。

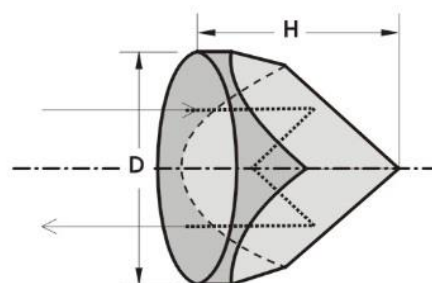
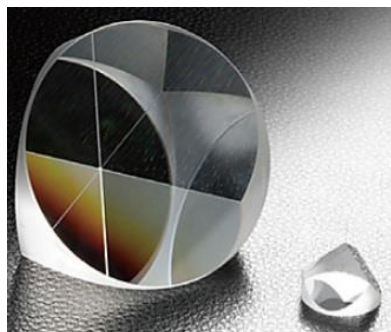
4. 2つのビームが検出器で結合し、光路長の変化に応じて明暗の縞模様の干渉パターン、または明暗の間で変化する全フィールドが生成されます。人間の観察者または電子センサー用のスクリーン、拡大鏡、顕微鏡、または他の光学結像システムを提供して、干渉縞パターンをより詳細に観察または分析したり、電子測定システムに入力を提供したりすることができます。



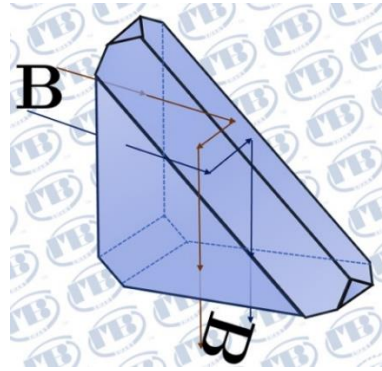
マイケルソン干渉計での干渉縞の発生の概念図

完全に対称なマイケルソン干渉計では、縞パターンは、2つのアームから戻る2つのビーム間の位相差に応じて、(光の縞や同心円ではなく) 明暗の間で均一に変化する必要があります。アームの長さの違いや光学系の湾曲の違いにより、波面の2つの曲率が同一でない場合は、円形のパターンが予想されます。任意の方向の縞(直線または曲線)は、干渉計の一部の位置ずれを示します(つまり、ビームが完全に重なり合っていないか、または一方のビームが他方に対して傾いています)。

基本的なマイケルソン干渉計では、光の約50%がレーザーに向かって反射されて無駄になります。完全に位置合わせされている場合、戻り経路は出射レーザービームとまったく同じ経路をたどり、レーザーの動作が不安定になる可能性があります。HeNeレーザーは特に影響を受けやすいです。これらの問題は両方とも、たとえば、ミラーを再帰反射板(キューブコーナ)またはダハプリズムに変更して、出射ビームと戻りビームがオフセットされ、異なる経路をたどるようにすることで簡単に対処できます。



キューブコーナとその光路概念図



ダハプリズムとその光路概念図

どちらかのミラーの位置や向きが微視的に変化すると、パターンが変化します。したがって、たとえば、ミラー1は、テストまたは校正中のディスクドライブヘッドアクチュエーターなどのいくつかの機器に取り付けることができます。その後、その位置をナノメートルの精度まで決定または制御できます。これらの「計測」アプリケーションの場合、干渉計は、一般的なコンピュータのマウスで使用される A-B 直交デコーダの高度なバージョンで方向と速度を決定するために、少なくとも 2 つのセンサーで縞パターンを生成するように設定されています。😊 このトピックの詳細については、「計測アプリケーションにおける精密測定用の干渉計」から始まるセクションで説明されています。 [Sam's Laser FAQ - Laser Instruments and Applications \(repairfaq.org\)](#)

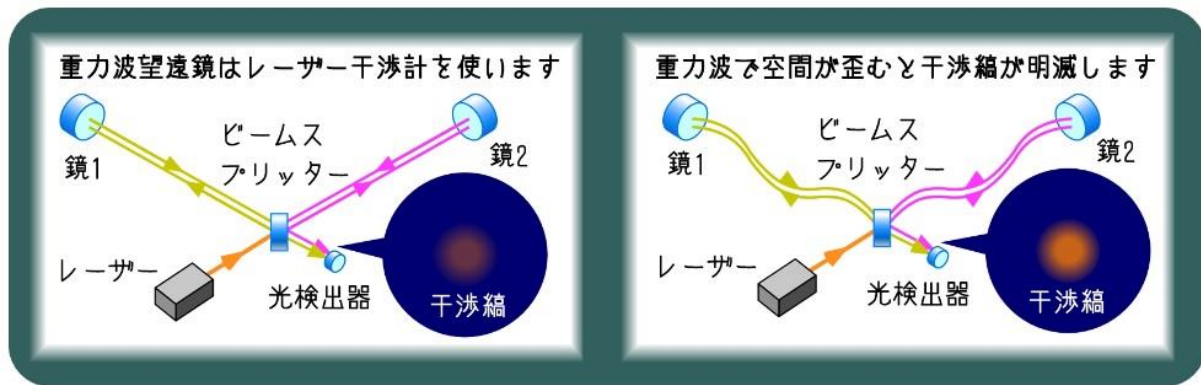
この用途には通常、TEM00 ビームを生成するコヒーレンス長の長いレーザーが使用されます。HeNe レーザーは、特に周波数が安定して単一縦モードで動作する場合に優れたビーム特性を示します。ただし、一部の種類のダイオードレーザー（通常、十分なコヒーレンス長や安定性があるとは考えられていません）も機能する場合があります。「安価なレーザーダイオードを使用した干渉計」の節を参照してください。従来の光源（たとえば、狭帯域光学フィルターを備えた明確な輝線を生成するガス放電ランプ）でも、一部のタイプの干渉法では許容できる性能を備えています。 [Sam's Laser FAQ - Diode Lasers \(repairfaq.org\)](#)



安定化 HeNe レーザーの一例 (Pacific Lasertec 社製 05STP912)

このようなセットアップは、レーザー光の波長のほんの一部（数十 nm、つまりナノメートルです！）の位置ずれが縞パターンに顕著な変化をもたらすため、あらゆるものに対して非常に敏感です。これは、非常に正確な位置または速度の測定を行う際に有利に使用できます。ただし、このような機器を安定した方法で設置するには細心の注意と独立した取り付けが必要であることも意味します。部屋を横切ったり、バスが通りを下ると、フリンジシフトとして現れます。

干渉法技術は、固体の振動モード、光学表面の品質（形状、平坦度など）、地震の前兆となる可能性のある地面の位置や傾きの変化、長期の大陸移動、重力波の探索における大きな浮遊質量の研究などの位置の変化を測定するために使用できます。非常に長い基線干渉計は、宇宙の距離でも適用できます（電波望遠鏡を大陸または地球の軌道直径分離れて使用し、レーザーの代わりに電波を発する星や銀河を使用します）。そして、ホログラフィーはこの技術のバリエーションにすぎず、干渉パターン（ホログラム）が複雑な 3D 情報を保存します。



重力波測定のご概念図

NASA は、NASA 干渉法ページに宇宙測定を目的とした干渉法に関する情報を提供しています。また、NASA インタラクティブ干渉計のページでは、マイケルソン干渉計の調整を実際に試すことができます。

これは数段落で説明できるものではありません。光学またはレーザーに関する良い本を見つける必要があります。さらなる研究のためのいくつかの提案を以下に示します。

- Gordon McComb の「The Laser Cookbook」[1] および Scientific American コレクションの「Light and its Uses [5]」には、(比較的)容易に入手できる部品で構築できるさまざまなタイプの干渉計が含まれています。
- Keysight Technologies (旧 HP、その後 Agilent など) は、これらの技術に基づいた「レーザー干渉計測定システム」を製造しています。「レーザー」または「寸法測定」というキーワードを検索すると、情報とアプリケーションノートが参照できます。特に Agilent の場合、「5501」または「5517」を検索すると、特定のシステムに関する情報が見つかります。 [キーサイト:革新を加速する設計、エミュレーションおよびテスト \(keysight.com\)](https://www.keysight.com/ja)
- Astroweb 天文学 Web サイト(およびその他) のインターネットリソース。さまざまなタイプのレーザー干渉計の設計、構築、操作に興味のある人々へのリンクがあります。情報の多くは天体望遠鏡の光学コンポーネントのテストに直接関係していますが、一般的に興味深いものも多くあるはずで。 [AstroWeb: Astronomy resources on the Internet \(unistra.fr\)](http://www.unistra.fr)